

we wir experimentieren

G 4011 E

Jugendzeitschrift für Natur und Technik



AULIS-VERLAG
DEUBNER & CO KG KÖLN

7/8

16. Jahrgang
Juli/August 1976



Das Molvolumen

Das Molvolumen stellt eine der wichtigsten Konstanten der Chemie dar, mit der schon der Schüler bei chemischen Rechenaufgaben Bekanntschaft macht.

Das Molvolumen, dessen genauer Wert unter Normalbedingungen (Null Grad Celsius und 1 at $\hat{=}$ 760 Torr $\hat{=}$ 9,81 · 10⁴ Pa) 22,4129 Liter/mol beträgt, entspricht dem Raum, den ein Mol Teilchen eines idealen Gases einnimmt. Jeweils 22,4 Liter Raum nehmen also z. B. ein:

2 g Wasserstoff	= 6,02 · 10 ²³ Moleküle
44 g Kohlendioxid	= 6,02 · 10 ²³ Moleküle
30 g Äthan	= 6,02 · 10 ²³ Moleküle

Ein Mol Teilchen sind also genau 6,02 · 10²³ Stück. Diese Definition ist neu, doch durch Gesetz eingeführt.

Man kann das Molvolumen verhältnismäßig einfach und mit ausreichender Genauigkeit bestimmen.

Man bedient sich dabei des sogenannten Trockeneises, d. h., festem CO₂, das etwa die Temperatur von -78 Grad Celsius besitzt und deshalb nie mit bloßen Händen berührt werden soll, sondern mit Handschuhen, denen das nichts ausmacht. Wir benötigen ein etwa 20–30 g schweres Stück Trockeneis, das wir, nachdem wir es uns im Schullabor (Trockeneismaschine zum Anschließen an CO₂-Druckflasche, oder Umkippen der Flasche bei geöffnetem Ventil) im Uni- oder Krankenhauslabor, bei Eisvertriebsgesellschaften (Jopa) besorgt haben, dick mit Zeitungspapier einwickeln und möglichst rasch mit dem Experiment beginnen (ein etwa faustgroßes Stück hält über Nacht!).

Dem Experiment liegt folgender Gedankengang zugrunde: Mit Trockeneis haben wir festes, abwägbares CO₂ vorliegen, das unter Energieaufnahme aus der Umgebung in gasförmiges CO₂

übergeht. Somit ist der nötige Bezug zwischen Masse und Volumen hergestellt, den wir zur Berechnung des Molvolumens benötigen.

Der Versuch

In eine mit heißem Wasser gefüllte Wanne (siehe Zeichnung) stellen wir umgekehrt einen mit Wasser gefüllten Meßzylinder von etwa 1 Liter Fassungsvermögen (selbstverständlich kann das ganze Experiment auch mit einer kleineren Apparatur und dann entsprechend weniger Trockeneis durchgeführt werden, nur leidet dann die Genauigkeit).

Wir wickeln das Trockeneis aus, übergießen es mit Spiritus (damit nicht ständig störende Luftfeuchtigkeit darauf kondensiert) und schneiden mit dem Messer ein Stück ab, an dem wir so lange herumschneiden (Handschuhe!), bis die Waage ein wenig mehr als 1 Gramm zeigt. Der Überschuß ist notwendig, da ja von der Waage bis zur Apparatur schon wieder etwas verdampft. Das Stück wickeln wir rasch in ein wenig feines Seidenpapier (oder Tempotaschentuch) und tauchen (evtl. mit einer Pinzette) es so unter Wasser, daß es unter der Zylinderöffnung zu liegen kommt. Sofort steigen Gasblasen auf, die sich jedoch nicht in dem heißen Wasser lösen, sondern das Wasser aus dem Kolben verdrängen. Nach einiger Zeit hört die Gasentwicklung auf und wir lesen das Gasvolumen ab:

z. B.:

Versuch 1: 0,51 l; Versuch 2: 0,498 l.

Wir bilden das arithmetische Mittel: 0,504 l.

Jetzt können wir folgenden Dreisatz ansetzen:

Molmasse von CO₂ = 44 g/mol

1,00 g = 0,504 l

44,00 g/mol = X l

$$x = \frac{44 \text{ g/mol} \cdot 0,504 \text{ l}}{1 \text{ g}} = 22,18 \text{ l/mol.}$$

Wenn wir dieses Ergebnis mit dem exakten Wert der Molvolumen vergleichen, so haben wir in Anbetracht unserer Apparatur ein durchaus zufriedenstellendes Ergebnis erhalten.

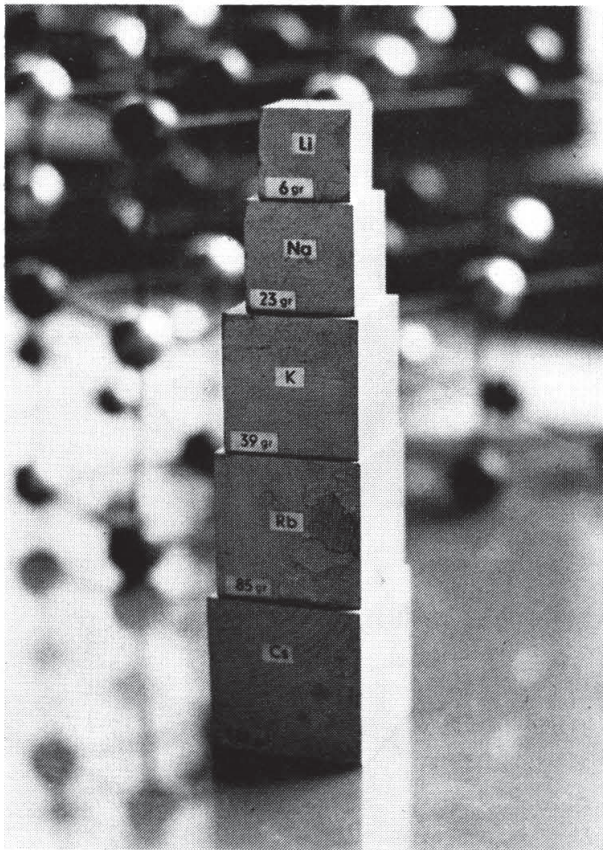
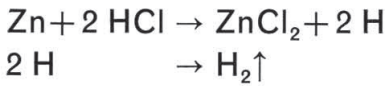
Laut Definition ist ein Mol einer Verbindung immer N_L = 6,02 · 10²³ Moleküle. Mit Hilfe des Molvolumens ist somit ein direkter Zusammenhang zwischen Volumen, Teilchenzahl und Molmasse hergestellt, wie folgendes Beispiel zeigen soll.

Aufgabe:

Wieviel Liter Wasserstoff wird aus 20 g Zink, bei Behandlung mit einer ausreichenden Menge Salzsäure, freigesetzt? Wieviele Moleküle und wieviel Gramm Wasserstoff entstehen?

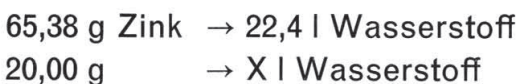
Zunächst erstellen wir die Stoffgleichung unter der Berücksichtigung der Wertigkeiten, der Koeffizienten, nach dem Satz: „Unedles Metall plus Säure → Salz plus Wasserstoff“.

Wasserstoff entsteht zunächst zwar in Atomen; je zwei Atome vereinigen sich jedoch sofort zu einem Molekül:



Ein Mol Atome eines Feststoffes nimmt einen verschiedenen großen Raum ein

1 Mol Zinkatome (= 65,38 g Zn) liefern danach 1 mol H₂-Moleküle (≙ 22,4 Liter). Also gilt:



$$\frac{20,00 \text{ g} \cdot 22,41}{65,38 \text{ g}} = 6,85 \text{ l}$$

Aus 20 g Zink erhält man somit 6,85 Liter Wasserstoff unter Normalbedingungen.

22,4 Liter Gas enthalten $6,02 \cdot 10^{23}$ Moleküle
6,85 l enthalten X Moleküle

Es entstehen also

$$X = \frac{6,85 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{22,4} = 1,84 \cdot 10^{23} \text{ Moleküle H}_2.$$

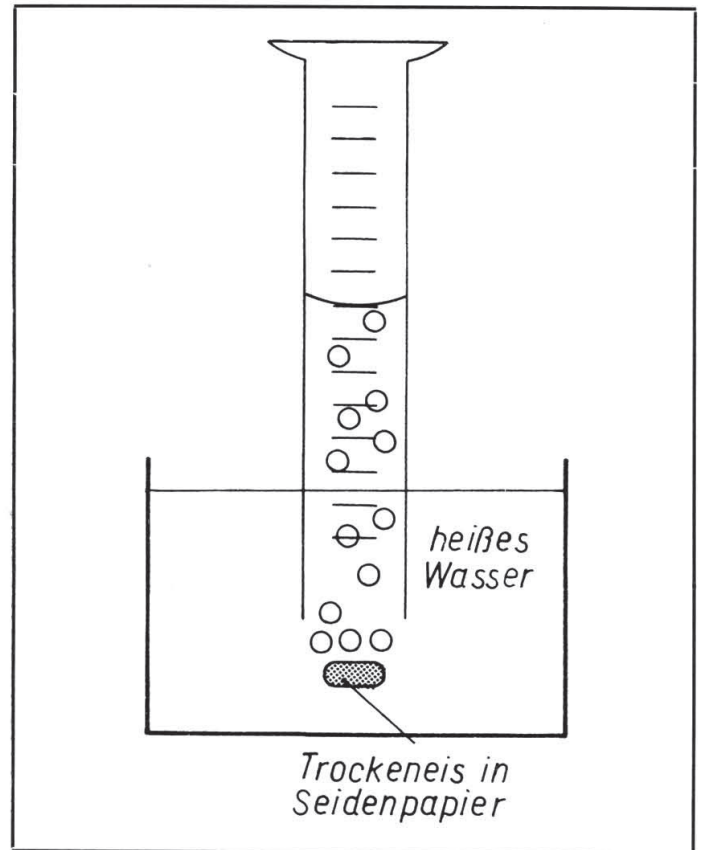
Weiter gilt:

$$2 \text{ g H}_2 = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ H}_2\text{-Moleküle}$$

$$x \text{ g H}_2 = 1,84 \cdot 10^{23} \text{ H}_2\text{-Moleküle}$$

Es entstehen also

$$x = \frac{1,84 \cdot 10^{23} \cdot 2 \text{ g}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,6118 \text{ g Wasserstoff.}$$



Bestimmung des Molvolumens von Kohlendioxid.

Diese Dreisatzkette hätte man nun auch anders ansetzen können, in jedem Fall kann man aber sehen, daß mit dem Molvolumen ein Bezug zwischen Masse, Volumen und der Teilchenzahl hergestellt werden kann.

Das Molvolumen selbst ist eine relativ kleine Zahl, aber man sollte sich stets verdeutlichen, daß es einer großen Teilchenzahl entspricht.

Aufgabe:

Wie lange muß eine Millionenstadt zählen (Achtstundentag und „Vollbeschäftigung“) um alle Moleküle zu erfassen, die in 1 cm^3 Wasserstoff unter Normalbedingungen enthalten sind, wenn jede Person pro Sekunde ein Molekül zählt?

$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \text{ l H}_2 = N_L \text{ Moleküle} \\ 10^{-3} \text{ l H}_2 = X \end{array} \right\} x = \frac{10^{-3} \text{ l} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{22,4 \text{ l}}$$

$$= 2,69 \cdot 10^{19} \text{ Moleküle/cm}^3$$

Eine Million Personen müssen also zählen:

$$\frac{2,69 \cdot 10^{19} \text{ s}}{10^6} = 2,69 \cdot 10^{13} \text{ s.}$$

$2,69 \cdot 10^{13}$ Sekunden müßten also die Einwohner der Millionenstadt ununterbrochen zählen, das entspricht (unter Berücksichtigung, daß jeden Tag nur 8 Std. gearbeitet werden) $9,3 \cdot 10^8$ Tagen, das wiederum 2558980,2 Jahren!

Auch Flüssigkeiten und Feststoffe besitzen natürlich ein konstantes Molvolumen, das sich über die Dichte und die Molmasse errechnen läßt, was hier aber nur vollständigheitshalber erwähnt werden soll:

$$\text{Molvolumen} = \frac{\text{Mölmasse}}{\text{Dichte}} \cdot$$

Eine letzte Aufgabe soll noch stellvertretend für die unzähligen Anwendungen des Molvolumens genannt werden.

Letzte Aufgabe:

Beweise mit Hilfe physikalischer Gesetzmäßigkeiten, daß Kohlendioxid schwerer als Luft ist. Zum Vergleich kann man die Dichte heranziehen:

$$1 \text{ Mol CO}_2 = \frac{m}{V} = \frac{44 \text{ g}}{22,4 \text{ l}} = 1,96 \text{ g/l}$$

Die Luft setzt sich bekanntlich aus etwa 20% Sauerstoff und 80% Stickstoff zusammen (den geringen Edelgas-, Feuchtigkeits- und Staubgehalt übergehen wir).

$$\text{Die Dichte von O}_2 = \frac{32 \text{ g}}{22,4 \text{ l}} = 1,43 \text{ g/l,}$$

$$\text{die Dichte von N}_2 = \frac{28 \text{ g}}{22,4 \text{ l}} = 1,25 \text{ g/l}$$

Die Dichte der Luft erhalten wir nun wie folgt:

$$\text{Dichte von Luft} = \frac{1,25 \cdot 4}{5} + \frac{1,43 \cdot 1}{5} = 1,286 \text{ g/l}$$

Sollte irgendein Leser kein Trockeneis bekommen können, so wende er sich an mich, ich will ihm gern welches per Expreß nach Vereinbarung zusenden.

Robert Schwankner
Scheibenstr. 18,
Traunstein